

● 王维 编著

连续铸钢

500 问

LIANXU ZHUGANG 500 WEN



化学工业出版社

◎ 王维 编著

连续铸钢

500 问

LIANXU ZHUGANG 500 WEN



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

连续铸钢 500 问/王维编著. —北京: 化学工业出版社,
2009. 4
ISBN 978-7-122-04807-3

I. 连… II. 王… III. 连续铸钢-问答 IV. TF777-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 020098 号

责任编辑: 丁尚林
责任校对: 李 林

文字编辑: 冯国庆
装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 化学工业出版社印刷厂
850mm×1168mm 1/32 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 355 千字
2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

前言



一个多世纪以来，在产业结构调整、原材料紧张、能源短缺、环境生态日益受关注、消费者要求更加苛求的压力下，传统工业特别是以钢铁和有色金属为代表的金属材料工业，一直在追求技术进步和进行设备改造。连续铸造技术作为钢铁和有色金属初坯生产中的一种广泛采用的工艺，其表现尤其引人注目。这种工艺虽然在生产中已经应用多年，但由于相对于型模铸造来说，它具有节约成本、改善铸锭品质、易于采用自动控制技术等优点，至今仍表现出勃勃的生机。连铸技术朝高效化、近终形方向发展，以近终形连铸为主要特征的现代紧凑生产流程的加速发展是现代钢铁科技创新最主要的方向。

近年发达国家致力于开发近终形连铸，在保证成品钢材质量的前提下，尽量缩小小铸坯的断面以取代压力加工。其典型代表是薄板坯连铸和带钢连铸技术，与普通连铸坯相比，成材所需的加工量及加工道次更少，节能效果更为显著。日本、美国、奥地利等国家开展了大量研究工作。1989年，美国纽柯钢厂建成薄板坯连铸与直接轧制装置（CSP），生产的薄板坯厚度仅50~70mm，可直接进入热精轧机。日本、法国等相继进行了双辊式薄带钢连铸技术的研究开发，可将钢液直接生产出厚2~5mm、宽760~1330mm的薄带钢，生产工艺进一步得到简化，提高了金属成材率，也为进一步降低能耗开辟了新途径。

世界钢铁工业技术进步加快，一方面体现在使工艺不断改进完善，如无头轧制技术在热轧宽带钢、小型材生产上的应用；另一方面则更集中体现在

薄板坯连铸连轧技术、熔融还原等为代表的新工艺不断发展。目前,我国钢铁工业的发展方向已从原来的以数量扩张为主转变为以调整、优化结构为主。在这一新的发展过程中,为了适应连续铸钢高效化、近终形方向发展,解决连续铸钢在发展中所遇到的问题,要依靠钢厂和设备制造商之间通力合作以及拥有一支训练有素、经验丰富的操作人员。培训一支素质高、技术精的连续铸钢操作人员来处理和掌握最新工艺技术是取得成功的关键所在。

承蒙化学工业出版社相约,笔者走访了国内大型炼钢厂,查阅了大量的文献资料,并总结本人多年在连续铸钢车间的工作经验,编写了本书,以问答形式介绍了连续铸钢的基本知识与操作技能,问题针对性强,回答简明扼要,可供从事连续铸钢的工程技术人员、操作工人以及生产管理人员参考,也可作为有关院校学生熟悉生产、了解现场的辅导材料。

在编写本书过程中,河南科技大学材料科学与工程学院冶金工程系给予了大力支持,对此深表谢意。

由于笔者水平有限,书中不当之处,恳请读者批评指正。

王 维

2009年2月

目 录



第1章 连铸钢水准备

1. 钢包顶吹氩气存在的问题是什么? 1
2. 钢包全程底吹氩的操作过程是什么? 有何优点? 1
3. 蓄热式钢包烘烤装置有何特点? 2
4. 钢包内钢水损失的传热机理是什么? 3
5. 水冷钢包盖漏水影响铸坯质量的原因是什么? 4
6. 开浇第一炉中包内钢水温度变化有什么规律? 5
7. 如何确定液相温度、浇注温度、吊包温度? 6
8. 什么是自动开浇? 7
9. 自动开浇有哪些方法? 7
10. 连浇过程中包内钢水温度变化有什么规律? 8
11. 影响中包钢水温度波动的因素有哪些? 10
12. 控制连铸过程钢水温度有何意义? 11
13. 在冶炼过程中控制合格浇铸温度的措施有哪些? 11
14. 出钢后控制合格浇铸温度的措施有哪些? 12
15. 连铸铝镇静钢对铝脱氧产物 Al_2O_3 如何处理? 13
16. 如何确定喂丝点位置、喂丝速度与深度? 14

17. 喂丝工艺的操作中应注意什么?	15
18. 精炼钢包永久层用高铝 T-3 砖砌筑和轻质浇注料模具 整体打结有何特点?	16
19. 精炼钢包用自流浇注料无模具打结的工艺流程及特点 是什么?	17
20. 中间包预热对连铸生产有何关系?	18
21. 中间包烘烤的关键是什么?	18
22. 中间包烘烤前的准备工作有哪些?	19
23. 中间包烘烤的要点是什么?	19
24. 如何提高 CSP 钢包水口自开率?	20
25. 如何安装引锭头?	21
26. 钢包、中间罐准备工作有哪些?	21

第2章 连续铸钢原理与工艺

27. 什么是连续铸钢?	23
28. 连铸工艺基本原理是什么?	23
29. 为何在异钢种连浇过程中对交接部铸坯的成分、长度和 起始位置进行预测?	24
30. 为什么夹杂为液态而容易排除?	25
31. 等离子加热的优点是什么?	25
32. Al_2O_3 的来源有哪些?	25
33. 钢水用铝脱氧有什么优缺点?	26
34. 大包开浇自流, 开浇仅 3min 后大包水口便絮死的原因 是什么?	26
35. 中间罐液面控制有哪些方式?	26
36. 中间包对夹杂去除有哪几种方式?	27
37. 陶瓷过滤器去除夹杂的机理是什么?	28
38. 有哪些方法可以向中间包内吹入气体来去除夹 杂物?	29
39. 中间包内无任何控流装置情况下钢液的流动特性是	

..... 什么?	30
40. 钢水由钢包注入中间包, 中间包温度如何变化?	30
41. 中间包内加坝加堰和未加堰坝钢液流场有何区别?	31
42. 中间包钢液温度的分布如何?	32
43. 下渣检测的原理是什么?	32
44. 中间罐使用中有何问题? 如何改进?	33
45. 中间包的宽度与去除夹杂物有何关系?	34
46. 中间包的长度与去除夹杂物有何关系?	34
47. 水口堵塞原因有哪些?	35
48. 浸入式水口堵塞物有何构成?	36
49. Al_2O_3 附着在水口的机理是什么?	37
50. 浇铸稀土钢水口结瘤的原因是什么?	37
51. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-C}$ 质浸入式水口结瘤的原因 是什么?	38
52. 钢水进行 Ca 处理时应注意什么?	39
53. 防止三氧化二铝堵塞有几种形式?	40
54. 浸入式水口插入深度对钢的质量有何影响?	42
55. 拉速、浸入式水口出口倾角对钢的质量有何影响?	42
56. 水口堵塞的类型及特征是什么?	43
57. 环形水口的特征及优点是什么?	44
58. 在冶炼中水口堵塞的防范措施有哪些?	44
59. LF 炉工序中水口堵塞的防范措施有哪些?	45
60. 如何描述结晶器熔池自由液面形状?	46
61. 连铸结晶器内渣-钢卷混方式有哪些?	47
62. 结晶器内钢液流场有何特征?	48
63. 圆坯凝固坯壳增长有何特点?	49
64. 出结晶器后凝固坯壳温度分布有何特点?	50
65. 根据形核理论电磁搅拌如何达到晶粒细化的目的?	50
66. 如何控制结晶器冷却水?	52
67. 高拉速连铸过程中涡流形成的原因是什么?	53

68.	钢水在结晶器内的传热冷却过程有何特点？	54
69.	为什么中碳钢铸坯的宽面传热系数大于窄面，低碳钢铸坯宽窄两面相差不大？	55
70.	冷却水流量和结晶器壁厚对结晶器内壁界面温度分布有何影响？	56
71.	方坯 Q235 钢结晶凝固有何特点？	56
72.	双辊薄带连铸生产 304 不锈钢中的碳化物析出的机理是什么？	57
73.	双辊薄带连铸生产 304 不锈钢中的碳化物溶解的机理是什么？	57
74.	双辊薄带连铸生产 304 不锈钢性能有何特点？	58
75.	磁场和电场对金属的凝固组织有何影响？	59
76.	电磁离心凝固法的原理是什么？	60
77.	交变磁场对金属的凝固组织有何影响？	61
78.	影响一次枝晶臂间距的因素有哪些？	61
79.	小方坯二次枝晶间距与中心碳偏析的关系是什么？	62
80.	影响二次枝晶臂间距的因素有哪些？	62
81.	超声波振动凝固的原理是什么？	64
82.	铸型振动凝固技术的原理是什么？	64
83.	如何根据铸坯的铸态组织将凝固过程划分阶段？	65
84.	二冷水总量与哪些因素有关？	66
85.	如何确定冷却分段喷水比例？	67
86.	板坯偏析有何特点？	68
87.	元素偏析特性是什么？	68
88.	移动磁场改善结晶器内钢液的流动原理是什么？	69
89.	电磁搅拌有哪几种类型？	70
90.	电磁搅拌促进柱状晶向等轴晶转变的机理是什么？	70
91.	漏钢的基本机理是什么？	71
92.	小方坯连铸起步事故有哪些原因？	71
93.	在工艺上如何减少小方坯连铸起步事故？	73

94. 如何规范和优化起步操作来减少小方坯连铸起步事故?	74
95. 结晶器黏结漏钢形成的过程是什么?	75
96. 理想的结晶器流场是什么?	75
97. 铸坯黏结的形成机理是什么?	76
98. 结晶器振动制度对铸坯黏结有何影响?	77
99. 连铸机产生黏结漏钢的原因有哪些?	77
100. 下渣漏钢、卷渣漏钢产生的机理是什么?	78
101. 角裂漏钢产生的机理是什么?	79
102. 钢液在结晶器内的收缩有哪几种形式?	79
103. 结晶器内凝固坯壳的形成的机理是什么?	80
104. 引起结晶器内摩擦阻力过大的原因有哪些?	82
105. 结晶器钢水液位控制有哪几种方法?	83
106. 钢水液位自动控制系统由哪几部分组成?	83
107. 结晶器钢水液位检测有哪些方法?	84
108. 结晶器液面控制系统由哪几部分组成?	85
109. 结晶器钢水液位自动控制的执行器有哪几种?	86
110. 冷却水流量和结晶器壁厚对结晶器内壁界面温度分布有何影响?	86
111. 拉坯速度对结晶器壁温度有何影响?	87
112. 结晶器出口坯壳具有足够强度且厚度均匀的途径是什么?	88
113. 测量连铸机的液相穴长度有哪些方法?	88
114. 射钉法测量连铸机的液相穴长度的步骤是什么?	89
115. 热相图和漏钢预报监视系统的工作原理是什么?	90
116. 如何改进钢包长水口吹氩保护方式?	91
117. 卷渣形成原因是什么?	92
118. 二次冷却的目的是什么?	93
119. 钢铁工艺对二冷区的温度分布有何要求?	94
120. 二冷区传热情况如何?	94

121. 铸坯表面温度与冷却水和铸坯表面的热交换	95
有何关系?	
122. 水流密度与冷却水和铸坯表面的热交换	96
有何关系?	
123. 为保证铸坯质量和产量,控制连铸坯冷却应遵从哪些	
准则?	98
124. 水滴速度和滴雾化程度与冷却水和铸坯表面的热	
交换有何关系?	98
125. 连铸结晶器弯月面区温度波动造成铸坯表面的振痕	
缺陷的机理是什么?	100
126. 连铸结晶器弯月面区温度波动造成铸坯表面的振痕缺	
陷可说明哪些技术提高铸坯表面质量的原因?	101
127. 结晶器有哪几种形式?	102
128. 液压伺服振动与凸轮式机械振动相比有何优点?	103
129. 连铸结晶器振动方式有哪些?	104
130. 结晶器振动有哪几种改进方式?	105
131. 结晶器在线调宽有哪些优点?	105
132. 连铸结晶器摩擦力研究状况如何?	106
133. 如何建立结晶器摩擦力物理数学模型?	106
134. 结晶器液面结壳的原因有哪些?	107
135. 造成偏流的主要原因有哪些?	108
136. 浇铸包晶钢时结晶器液面波动有何特点?	109
137. 浇铸包晶钢时结晶器液面波动的原因是什么?	109
138. 薄板坯连铸的结晶器传热有何特点?	110
139. 高速连铸存在什么问题?	111
140. 拉坯速度与保护渣结晶温度对结晶器摩擦力	
有何影响?	112
141. 碳质量分数对结晶器摩擦力有何影响?	112
142. 结晶器振动频率及板坯宽度变化对结晶器摩擦力	
有何影响?	113

143. 结晶器液面自动控制的基本原理是什么?	113
144. 扇形段采用分段辊有何优点?	114
145. 电磁制动的优点是什么?	114
146. 电磁场控制初期凝固的机理是什么?	115
147. 电磁连铸的工作原理是什么?	116
148. CREM 电磁连铸技术的内容是什么?	117
149. 冷坩埚型电磁连铸技术的特点是什么?	118
150. 热顶电磁连铸技术的特点是什么?	119
151. 电磁连铸的冶金机理是什么?	120
152. 电磁连铸较常规连铸有何冶金效果?	121
153. 电磁搅拌改善连铸坯质量的原理是什么?	122
154. 结晶器内使用电磁搅拌时电流强度对连铸坯中心 缩孔有何影响?	124
155. 结晶器内使用电磁搅拌时电磁搅拌频率对连铸坯中心 缩孔有何影响?	124
156. 浇注结束前应做哪些工作?	125
157. 单晶连铸的基本原理是什么?	125
158. 液芯压下技术有什么作用?	125
159. 高效连铸的含义是什么?	126
160. 连铸坯热送热装技术的含义是什么?	126
161. 连铸复合材料的特点是什么?	127
162. 连铸的主要优点是什么?	127
163. 连铸过程中增碳的因素有哪些?	129
164. 测定钢铁中扩散氢量的方法是什么?	129
165. 热型连铸的特点是什么?	130

第3章 连续铸钢设备

166. 钢水连续测温传感器的工作原理和结构是什么? ...	131
167. 连铸机如何分类?	131

168. 现代化连铸机主要特征是什么?	133
169. 连铸机机型发展过程是什么?	133
170. 影响连铸机生产能力的因素有哪些?	134
171. 影响薄板坯连铸生产能力的因素有哪些?	134
172. 方坯连铸机存在的主要问题是什么?	135
173. 如何设计水平连铸机?	136
174. 水平连铸机有何优点?	138
175. 水平连铸机的中间包及结晶器结构如何?	138
176. 弧形连铸机优缺点是什么?	139
177. 直结晶器弧形连铸机优缺点是什么?	140
178. 钢水包的结构及作用是什么?	140
179. 钢包的滑动水口的结构及作用是什么?	141
180. 钢包回转台的结构及作用是什么?	142
181. 中间包整体结构是什么?	143
182. 中间包改造的方向是什么?	144
183. 中间包内设上挡墙、下挡墙的的优点是什么?	145
184. 中间包内设湍流控制器的优点是是什么?	146
185. 对中间包的烘烤有何要求?	146
186. 中间包烘烤制度存在哪些问题?	147
187. 在有、无底吹气情况下, 中间包实行等离子加热 有何区别?	148
188. 中间包烘烤前的准备工作是什么?	149
189. 正确的中间包烘烤制度是什么?	149
190. 中间包盖板有哪些缺点?	150
191. 中间包盖板可做如何改进?	151
192. 中间包包衬侵蚀损伤的主要原因有哪些?	152
193. 中间包及其运载设备的结构及作用是什么?	152
194. 随中间包炉龄的增加, 其底面最大温度也不断增加的 原因是什么?	153
195. 如何防止中间包漏包事故和包衬崩塌?	154

196. 中间包稳流器有何优点?	154
197. 中间包连续测温系统怎样工作?	155
198. 连铸结晶器如何分类的?	157
199. 结晶器铜管的运动原理是什么?	158
200. 结晶器铜管的运动有哪几种?	158
201. 短臂四连杆振动装置的结构是什么?	159
202. 引锭杆有几种形式, 各自的优缺点是什么?	160
203. H^2 漏斗形结晶器的特点是什么?	161
204. H^2 漏斗形结晶器的缺点是什么?	162
205. 结晶器铜板磨损机理是什么?	162
206. 摩擦力对铜板磨损有何影响?	163
207. 如何设计结晶器长度和结晶器铜板厚度?	164
208. 结晶器锥度和铜板自身物理性质对铜板磨损有何影响?	164
209. 结晶器冷却强度受哪些因素影响?	165
210. 生产材料对结晶器水道进行设计有何影响?	166
211. 设计结晶器冷却水道要考虑哪些因素?	166
212. 结晶器冷却水流速受哪些因素影响?	167
213. 管式结晶器的结构及尺寸如何?	168
214. 结晶器铜板(管)用什么样的材质?	170
215. 铜板(管)采用什么样的镀层?	170
216. 结晶器材质的选用原则是什么?	171
217. 纯铜或铜合金可以作为结晶器的材质有何优缺点?	172
218. CuW/CrCu 复合材料作结晶器材质有何优缺点?	173
219. 管式结晶器的铜管的长度及材质如何?	173
220. 铬锆铜结晶器铜板工作面镀镍铁合金与银铜板结晶器工作面采用镍铬镀层的区别是什么?	174
221. 组合结晶器的结构如何?	174
222. 高效连铸机结晶器设计的基本原则是什么?	175

223.	结晶器的锥度是如何设计的?	176
224.	漏斗形结晶器的设计有何特点?	177
225.	连铸带钢时将板式结晶器改为铜管式结晶器有何优点?	178
226.	ZT-21 环保 E 型结晶器专用油的特点是什么?	179
227.	结晶器的振动方式有几种?	179
228.	结晶器的振动参数有哪些?	180
229.	结晶器的振动装置有几种振动机构?	181
230.	结晶器快速更换台有何优点?	182
231.	二次冷却装置的作用及要求如何?	183
232.	方坯连铸机的二次冷却装置结构如何?	184
233.	二冷室内设置活动导板的优点是什么?	185
234.	喷嘴的性能是什么?	186
235.	如何进行喷嘴选择及管路设计?	186
236.	板坯连铸机的二次冷却装置结构如何?	187
237.	二冷水量控制有哪几种方法?	188
238.	二冷水的仪表控制(静态控制)的内容是什么?	189
239.	二冷水的仪表控制的缺点是什么?	190
240.	二冷水的动态控制的内容是什么?	190
241.	二冷水非稳态控制方法基本思想是什么?	191
242.	如何实现二冷水非稳态控制方法?	192
243.	水冷效果差的原因是什么?	193
244.	采用气水喷嘴优点是什么?	193
245.	对拉矫机的要求是什么?	193
246.	拉坯矫直方式有哪几种?	194
247.	引锭杆存放装置、冷床铸坯导向辊道、水系统、液压系统的作用是什么?	195
248.	引锭杆的作用是什么?	196
249.	引锭杆的装入方式有哪几种?	196
250.	以前引锭杆收集存放装置的缺点是什么?	197

251. 现代引锭杆收集存放装置的特点是什么?	198
252. 铸坯切割设备如何工作?	199
253. 机械切割设备有哪几类?	201
254. 火焰切割原理是什么?	202
255. 立式连铸机侧置引锭存放车, 下装引锭方式原理如何?	203
256. 立式连铸机斜出坯系统如何工作?	204
257. 什么是沉积物腐蚀?	205
258. 有氧腐蚀的形成原因是什么?	205
259. 辊道控制需要遵循哪些原则?	206

第4章 连铸新技术

260. 我国连铸技术发展历程是什么?	207
261. 连铸新技术有哪些?	207
262. 高效连铸技术的内容是什么?	208
263. 中间包采用直通孔过滤器代替单墙加单坝的形式有何缺点?	208
264. 直通孔过滤器的设计主要考虑什么?	210
265. 中间罐烘烤中应注意哪些问题?	210
266. 为减少防止中间包夹杂物进入结晶器可采取哪些措施?	211
267. 如何改善多流连铸机中间包钢水流动性?	211
268. 中间包定径水口不断流快速更换技术有哪些优点?	212
269. 中间包有无底吹对去除夹杂有何区别?	213
270. 中间包包形优化为三角形有何优点?	214
271. 增大中间罐容量、中间罐内设堰、坝、过滤器的作用是什么?	214
272. 用等离子体氮弧加热钢水, 为避免钢液增氮应如何选择保护渣?	215

273. 等离子体氮弧加热钢水, 采用含 BaO 及 TiO ₂ 的保 护渣防止吸氮的原理是什么?	216
274. 离心流动中间包技术是什么?	216
275. 中间罐底部吹气装置(条形透气砖)及 H 形中间罐 的优缺点是什么?	217
276. 新型中间包防涡流垫技术是什么?	218
277. 中间罐喂线技术的内容是什么?	219
278. 连铸中间包不加热重复使用技术是什么?	220
279. 中间包回转台有何优点?	221
280. 中间罐液位检测技术的内容是什么?	221
281. 中间包旋转阀的应用技术是什么?	222
282. 中间包无氧化加热技术(喷射高温氮气加热) 是什么?	223
283. 中间罐塞棒有何改进措施?	224
284. 旋流水口有何特点?	224
285. 脉冲电场控制金属凝固过程从而提高金属材料质量 的原因是什么?	225
286. 脉冲电场控制金属凝固过程作用机理是什么?	225
287. 为了提高拉速, 增大产率, 结晶器形状发生了 哪些变化?	226
288. 结晶器采用液压振动装置有何优点?	227
289. 共振式结晶器发展情况如何?	227
290. 结晶器在线调宽技术是什么及有哪些功能?	228
291. 连续锥度结晶器与传统单锥度结晶器相比有何 优点?	229
292. 结晶器专家系统包括哪些内容?	230
293. 结晶器液面如何自动控制?	231
294. 间隙式出冷却水的方式进行方坯缓冷的技术 是什么?	233
295. 铸坯冷却控制的冶金准则是什么?	233